

LES APPORTS ARGILEUX DANS LE BASSIN MESOZOIQUE SUBALPIN. QUANTIFICATION ET PROBLEME D'ALTERATION DIAGENETIQUE DE L'HERITAGE

Joslane LEVERT* et Serge FERRY*

RESUME : Le taux de sédimentation (TS) dans le Mésozoïque argilo-carbonaté vocontien varie de 10 à 40 m/MA selon les époques et les échelles chronologiques. Le flux argileux y représente, pareillement, des TS partiels de 1 à 15 m/MA. L'intérêt des argiles pour les reconstitutions du paléoenvironnement doit être nuancé. La cartographie des associations argileuses, effectuée selon quatre isochrones sur toute la superficie du bassin, met en évidence une diagenèse beaucoup plus complexe que les conceptions actuelles ne le laissent prévoir. Aux influences thermiques régionales aboutissant à la transformation massive de smectite en chlorite, s'ajoutent des transformations qui s'apparentent à des minéralisations stratiformes, associées aux fractures majeures.

ABSTRACT : Depending on time and absolute chronologic scales used, sedimentation rates in Mesozoic alternating limestones and marls of the Vocontian Trough range from 10 to 40 m./m.y., in which clay supplies represent 1 to 15 m./m.y. The use of clay assemblages for reconstructing paleoenvironments is difficult in some areas of the basin, since diagenesis is more complex than expected. Mapping of clay assemblages along 4 isochronous levels over the whole basin enable us to decipher the superimposition of (a) a thermal, regional component evidenced by the transformation of smectite into chlorite minerals, and (b) local, "unrooted" (bedding-guided), fault-related anomalies with either chlorite or kaolinite minerals, several kilometers wide, that are very like to some ore mineralizations.

1. Introduction

La sédimentation mésozoïque subalpine est représentée par des séries carbonatées rythmiques sur les bordures et une série alternante calcaréo-marneuse plus monotone en domaine de bassin (fosse vocontienne). Si l'on excepte l'ensablement des dépôts à l'Aptien-Albien - surtout sensible sur la plate-forme externe, beaucoup moins dans le bassin -, le fond terrigène des sédiments est constitué par des argiles. Nous allons ici (a) tenter de quantifier ce flux argileux pour montrer la faiblesse de l'alimentation, (b) discuter, à travers quelques exemples choisis, de la valeur des argiles pour reconstruire les environnements du passé. La méthode utilisée est la cartographie des associations argileuses selon les isochrones rigoureuses que sont les bancs de l'alternance pélagique corrélés sur toute l'étendue du bassin (Cotillon *et al.*, 1980, Ferry *et al.*, 1983). Elle fournit des résultats beaucoup plus précis que celle consistant à raisonner à partir de coupes verticales.

2. Evaluation du flux terrigène dans le bassin

Les séries de plate-forme sont surtout calcaires. Le dépôt des argiles est plutôt concentré dans le bassin. La série vocontienne sert de base à nos évaluations, obtenues sans tenir compte de la compaction. Le tableau 1 résume les calculs effectués pour diverses tranches de série, depuis l'Oxfordien jusqu'à l'Aptien, d'après la teneur moyenne en carbonate dans les bancs et interbancs, l'épaisseur relative de ces derniers et par rapport à plusieurs échelles chronologiques absolues. Les apports terrigènes restent faibles, même pendant le dépôt d'épaisses séries marneuses comme les "Terres Noires" callovo-oxfordiennes ou les "marnes bleues" gargaso-albiennes (taux de sédimentation de la fraction terrigène seule inférieur à 15 m/MA dans le meilleur des cas). Pendant les périodes à sédimentation calcaire comme le Tithonique, ce T.S. partiel peut descendre en-dessous de 2 m/MA pour un T.S. total d'environ 20 m/MA. Ces valeurs ne sont guère plus élevées que celles relevées dans les grands bassins océaniques de l'époque (Deep Sea Drilling Project).

La complexité de l'association argileuse (illite, smectite(s), kaolinite, chlorite(s), interstratifié(s)) dénote une origine au moins partiellement détritique.

* Université Claude Bernard - Lyon 1, Centre des Sciences de la Terre, 43, Bd du 11 Novembre, 69622 Villeurbanne cedex.

| Epaisseur en m | ETAGE | Kent et al. (85) | | | Harland et al. (83) | | | Odin et al. (82) | | | Van Hinte (76) | | |
|-------------------|-------------|------------------|------|------|---------------------|------|------|------------------|------|------|----------------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 140 | APTIEN | 6 | 23.3 | 11.8 | 6 | 23.3 | 11.8 | 5 | 28 | 14.2 | 7.3 | 19.2 | 9.7 |
| 100 | BARREMIEN | 5 | 20 | 5.7 | 6 | 16.7 | 4.8 | 2.3 | 43.5 | 12.5 | 6.2 | 16.1 | 4.6 |
| 200 | HAUTERIVIEN | 7 | 28.5 | 9.4 | 6 | 33.3 | 11 | 5 | 40 | 13.2 | 5 | 40 | 13.2 |
| 150 | VALANGINIEN | 7 | 21.4 | 9.2 | 7 | 21.4 | 9.2 | 7 | 21.4 | 9.2 | 5.4 | 27.8 | 12 |
| 80 | BERRIASIEN | 6 | 13.3 | 1.6 | 6 | 13.3 | 1.6 | 4.2 | 19 | 2.3 | 4.2 | 19 | 2.3 |
| 670 | TOTAL | 31 | 21.6 | 7.7 | 31 | 21.6 | 7.7 | 23.5 | 28.5 | 10.2 | 28 | 23.8 | 8.5 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|----|------|------|----|------|------|-----|------|-----|------|------|-----|
| 100 | KIM. SUP. | 8 | 12.5 | 1.2 | 6 | 16.4 | 1.6 | 4.8 | 21 | 2 | 3 | 34.5 | 3.5 |
| 40 | KIM. INF. | 4 | 10 | 1.5 | 6 | 6.6 | 1.1 | 5.4 | 7.5 | 1.2 | 5.6 | 7 | 1.2 |
| 40 | DXF. SUP. | 5 | 31 | 10.5 | 5 | 31 | 10.5 | 8.8 | 17.6 | 6 | 6.2 | 25.2 | 8.5 |
| 110 | DXF. MOY. | | | | | | | | | | | | |
| 290 | TOTAL | 17 | 17.4 | 4.1 | 17 | 17.4 | 4.1 | 19 | 15.3 | 3.7 | 14.2 | 19.9 | 4.7 |

Tableau 1. - Evaluation du taux de sédimentation total (2) et du flux terrigène (3), exprimés en m/MA et calculés à partir de durées (1) tirées de 4 échelles chronologiques différentes (réf. in Kent et al., 1985).

3. Argiles et paléoenvironnements

Les minéraux argileux ont souvent été utilisés pour reconstituer le contexte géodynamique des bassins sédimentaires. La nature des argiles produites dans les profils d'altération ou simplement héritées des formations sédimentaires affleurantes est sous la dépendance des climats, du relief et des changements plus ou moins prononcés qui les affectent au cours du temps. Leur répartition dans le bassin de sédimentation est sous la dépendance de la paléogéographie, des courants, etc. Chamley et Robert (1982), par exemple, se servent des argiles pour retracer l'évolution des bordures continentales de l'Atlantique au Crétacé.

Dans le bassin du Sud-Est, Deconinck et al. (1985) pensent que les associations argileuses changeantes des séries crétacées sont sous la dépendance du climat, de la tectonique et de l'eustatisme. Pour Cotillon et al. (1980) la composition oscillante des associations argileuses des bancs et interbancs de l'alternance calcaire-marne reflète des variations climatiques à courte période.

Nos cartes d'isoteneurs sont en mesure de prouver directement le caractère détritique de certaines argiles. La répartition de la kaolinite dans le banc clansayésien (fig. 1), par exemple, suit exactement la bordure du bassin et dépend notamment de la morphologie de détail, déterminée indépendamment par les voies de mise en place des turbidites. Ceci confirme l'origine détritique. Pour les autres argiles, la discussion est plus compliquée mais les cartes permettent en général de faire la part de l'héritage, de la sédimentation différentielle et des transformations diagénétiques ultérieures (Ferry et al., 1983).

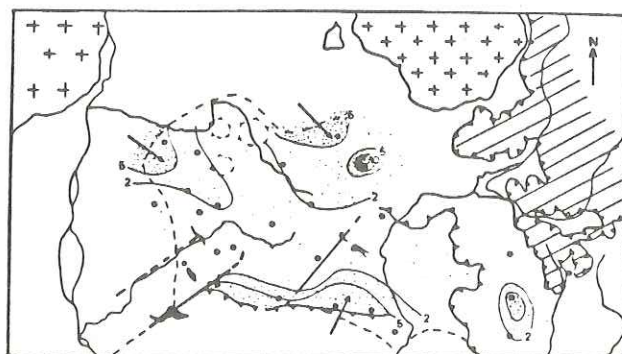


Fig. 1. - Répartition de la kaolinite dans le banc clansayésien (les flèches indiquent les directions d'apports).

4. Argiles et diagenèse régionale

Un couple banc-interbanc, parfaitement corrélé dans des coupes réparties sur l'ensemble du bassin, a été échantillonné à quatre niveaux de la série (fig. 2). La répartition de la chlorite dans les bancs est exemplaire. C'est elle qui illustre le mieux la transformation diagénétique du stock argileux sédimenté et la localisation exacte des zones à diagenèse. Dans un contexte géodynamique au détritisme aussi faible, les teneurs en chlorite sont en effet parfaitement anormales et la répartition géographique du minéral exactement l'inverse de celle devant résulter d'une sédimentation différentielle. En dépit des perversions inévitables des raisonnements basés sur des variations de pourcentages, il est clair que cette chlorite provient de la transformation de smectite car les cartes d'isopourcentages sont respectivement les négatifs les unes des autres. En outre, la kaolinite disparaît brusquement dans les zones à fort gradient chloritique, ce qui est aussi une indication de diagenèse.

Que voit-on ? Tout d'abord l'effet permanent - et prévisible - d'un fort gradient de diagenèse en direction de l'arc alpin, donc sans doute lié *lato sensu* à l'orogénie alpine. Le recouvrement sédimentaire n'ayant jamais dépassé 2000 m et le recouvrement tectonique étant inexistant dans la partie orientale de la "fosse vocontienne", il faut invoquer l'empreinte d'un gradient thermique anormalement élevé. Les choses sont plus compliquées dans la partie occidentale de la "fosse" où l'on observe la superposition vraisemblable de plusieurs effets : (a) la persistance au cours du temps d'une anomalie axiale en chlorite (iso. 20%), apparemment intensifiée à l'aplomb des dômes de Brette et d'Aurel au Nord-Est (diapirs triasiques ?) et (b) des anomalies chloritiques "en taches" qui ne peuvent pas être l'expression d'un quelconque gradient lié à la profondeur. Ces dernières anomalies ont donc un caractère stratiforme, alors que l'anomalie axiale peut être qualifiée d'"enracinée", étant donné qu'on la retrouve avec à peu près les mêmes valeurs, tout au long de la série sédimentaire de ce secteur.

Le degré de maturation de la matière organique a pu être estimé par pyrolyse Rock-Eval (Tmax.) et mesure du pouvoir réflecteur de la vitrinite puis cartographié dans les niveaux clansayésien et valanginien (fig. 3) où la mesure est encore possible. La concordance entre les cartes d'isovaleurs obtenues pour les argiles et la matière organique indique que l'anomalie chloritique axiale doit être, comme dans la partie orientale de la "fosse", attribuée à un gradient géothermique anormalement élevé. Les cartes ne fournissent évidemment aucune indication d'âge et il n'est pas prouvé que les phénomènes se soient produits au même moment partout. Rien ne prouve non plus qu'ils ne soient pas polyphasés.

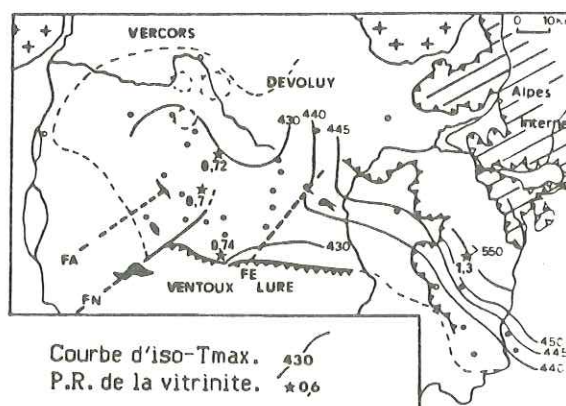
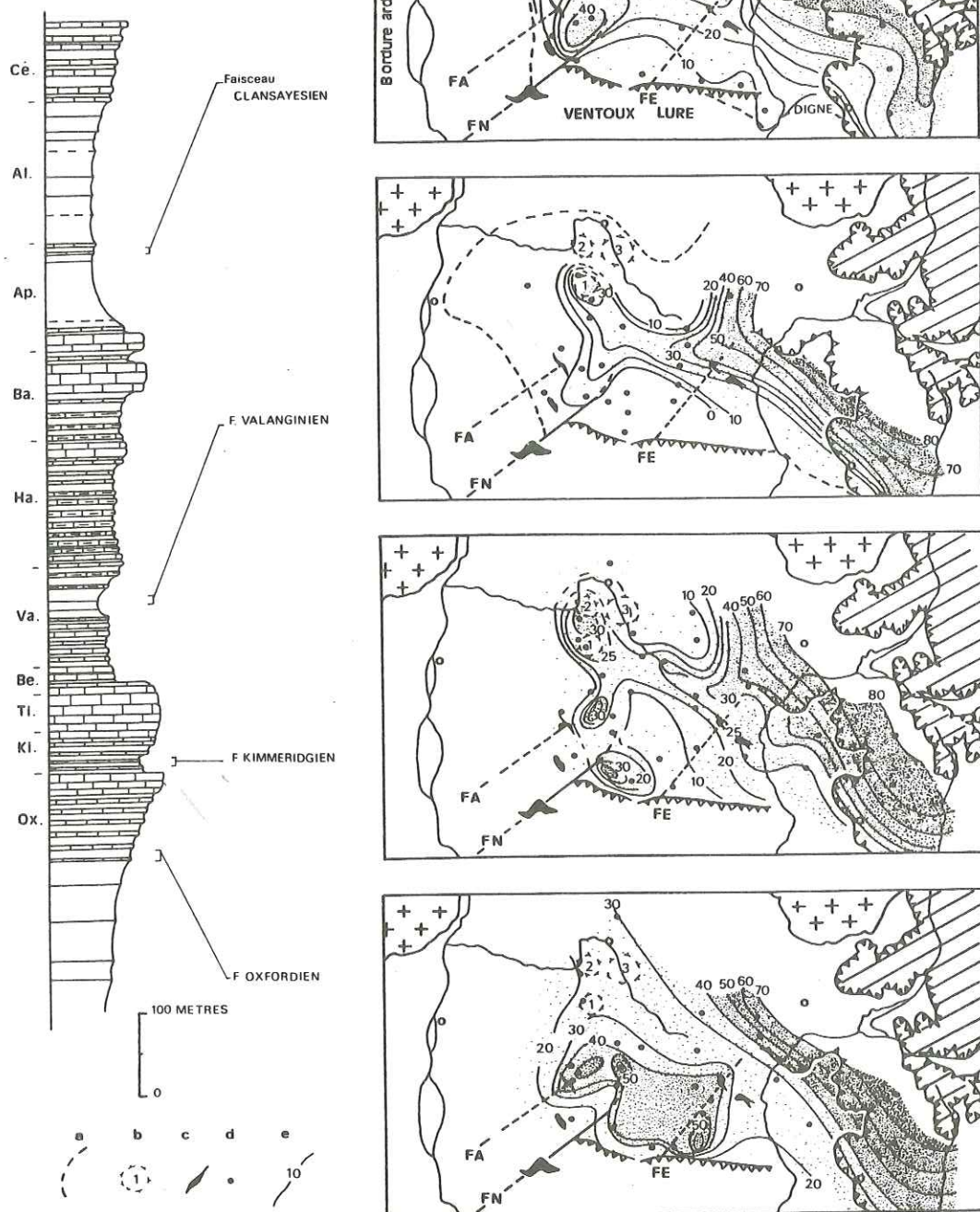


Fig. 3. - Etat de maturation de la matière organique dans l'interbanc valanginien.

La diagenèse régionale n'aboutit pas exclusivement à la chlorite. La transformation en illite est également présente et visible sur les cartes de pourcentages. Mais la discussion est délicate pour ce minéral ubiquiste et sortirait du cadre restreint de cette courte note. On peut dire simplement que l'illitisation est plus prononcée que la chloritisation dans la base de la série, alors qu'à partir du Jurassique terminal, elle ne reste vraiment sensible que dans les interbancs. La chlorite caractérise alors plutôt les bancs.

5. Argiles et diagenèse locale

Nous avons déjà évoqué les anomalies locales à propos de la chlorite des bancs. Ces anomalies ne sont pas des artefacts imputables à la méthode de mesure car elles existent dans plusieurs coupes proches. La répartition de la kaolinite dans le banc kimméridgien (fig. 4) met aussi en évidence de façon exemplaire l'origine mixte de ce minéral : détritique sur la bordure ouest du bassin, diagénétique au niveau des



concentrations anormales au centre. L'influence des failles sur ces anomalies, déjà sensible pour la chlorite (fig. 2) est absolument nette au niveau de la faille d'Eygallayes.

Cet exemple est intéressant à trois titres. Il montre tout d'abord qu'en termes de diagenèse dans les sédiments vaseux, on doit s'attendre à d'autres produits que les argiles "conventionnelles" (illite et chlorite). Il est d'autre part la démonstration éclatante de l'origine hydrothermale d'une partie de la diagenèse argileuse dans ce bassin. Enfin, il est clair que seule la méthode cartographique très précise employée peut mettre en évidence sans équivoque des influences diagénétiques aussi faibles.

L'influence de l'hydrothermalisme synsédimentaire dans le bassin vocontien a déjà été invoquée sur la base d'arguments minéralogiques et biologiques (Gaillard *et al.*, 1984). Nous en apportons un autre indice mais nous ne pouvons affirmer la précocité de ces transformations argileuses stratiformes, liées aux failles. Nous voyons simplement qu'elles s'apparentent fortement à des minéralisations.

6. Conclusions

La cartographie des associations argileuses selon des isochrones dans le bassin mésozoïque pélagique subalpin est un outil très précis qui permet de faire la part de l'héritage, de la sédimentation différentielle et des divers types de diagenèse, locale et régionale. Elle délimite donc le cadre dans lequel il est permis d'utiliser les argiles pour la reconstitution du contexte géodynamique et paléoclimatique. Dans un bassin caractérisé par un régime sédimentaire plutôt modéré, la méthode employée permet de mettre en évidence la superposition de plusieurs mécanismes (gradient(s) géothermique(s) élevé(s), diapirisme (?) et hydrothermalisme) à l'origine des transformations diagénétiques qui ont altéré l'association détritique primaire.

Références bibliographiques citées.

- CHAMLEY H. et ROBERT C. (1982). - Paleoenvironmental significance of clay deposits in Atlantic black shales. In S.O. SCHLANGER, M.B. CITA (ed.), *Nature and origin of Cretaceous carbon-rich facies*. Academic Press, London, p. 101-112.
- COTILLON P., PERRY S., GAILLARD C., JAUTEE E., LATREILLE G. et RIO M. (1980). - Fluctuation des paramètres du milieu marin dans le domaine vocontien (France Sud-Est) au Crétacé inférieur : mise en évidence par l'étude des formations marno-calcaires alternantes. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. 22, n° 5, p. 735-744.
- DECONINCK J.P., BEAUDOIN B., CHAMLEY H., JOSEPH P. et RAOULT J.F. (1985). - Contrôles tectonique, eustatique et climatique de la sédimentation argileuse du domaine subalpin français au Malm-Crétacé. *Rev. géol. dyn. et géog. phys.*, vol. 26, fasc. 5, p. 311-320.
- PERRY S., COTILLON P. et RIO M. (1983). - Diagenèse croissante des argiles dans des niveaux isochrones de l'alternance calcaire-marne valanginienne du bassin vocontien. Zonation géographique. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 297, p. 51-56.
- GAILLARD C., BOURSEAU J.-P., BOUDEULLE M., PAILLERET P., RIO M. et ROUX M. (1984). - Les pseudo-biohermes de Beauvoisin (Drome) : un site hydrothermal sur la marge téthysienne à l'Oxfordien? *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), t. 1, n° 1, p. 69-78.
- KENT D.V. et GRADSTEIN F.M. (1985). - A Jurassic to recent chronology. In VOGT P.R. et TUCHULKE B.E. (eds), *The Geology of North America*, vol. M, The Western North Atlantic Region, *Geol. Soc. Amer.*, Boulder.

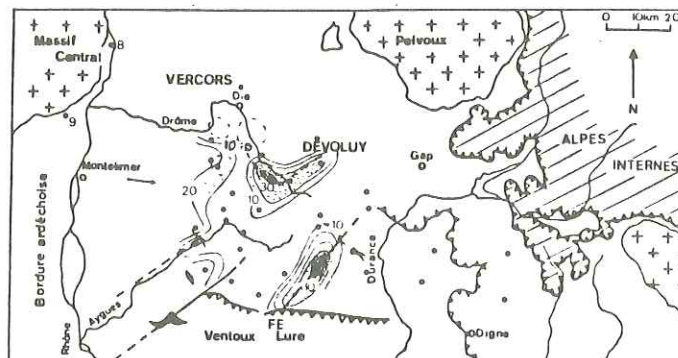


Fig. 4. - Répartition de la kaolinite dans le banc kimméridgien.
FE: faille d'Eygallayes.